Nr 2. Warszawa, 8 lutego 1927 r. Rok V.

TECHNIKA CIEPLNA

Organ Stowarzyszenia Dozoru Kotłów w Warszawie.

Redaktor: Inż. techn. **JAN KOMARNICKI.**
Wydawca: **Stowarzyszenie Dozoru Kotłów w Warszawie.**

ILE MARNUJECIE?

Na całej przestrzeni naszego kraju istnieje niewątpliwie znaczna ilość kotłowni, marnujących pod kotłami dziesiątki i setki ton węgla rocznie, kotłowni, które od dawien dawna powinnyby były być raz na zawsze unieruchomione. W całym kraju znajdziemy również szereg instalacyj przemysłowych, marnujących parę i ciepło wszelkiemi możliwemi i niemożliwemi sposobami.

Kierownictwo takich zakładów zdaje sobie napewno sprawę z popełnianego dzień w dzień marnotrawstwa i rozumie, że spółczesne urządzenia, dobrane odpowiednio do potrzeb danego zakładu, w bardzo szybkim okresie czasu zwróciłyby koszty, związane z zakupem i ustawieniem.

Kierownicy nie zawsze jednak umieją przekonać o tem swych praco- i mocodawców. Niektórzy z nich próbują, choć niestety bez powodzenia, zdobyć pewną wagę i poważanie dla swych propozycyj. Inni nie odważają się nawet na ten krok, albo uznali go zgóry za bezcelowy.

Istnieją jednak kierownicy, głęboko przeświadczeni o potrzebie wprowadzenia szeregu ulepszeń, którzy umieli przedstawić te sprawy tak przekonywująco, że zmusili czynniki decydujące dozastanowienia, zdobywając jednocześnie niezbędne w ich oczach zaufanie.

Oczywiście zostali oni upoważnieni do wprowadzenia swych projektów w czyn.

W ostatniem ćwierćwieczu dokonany został istotnie niezwykły postęp w organizacji siłowni okręgowych i przemysłowych oraz w maszynowych i mechanicznych urządzeniach takich instalacyj. Niewielu stosunkowo właścicieli zakładów przemysłowych zdaje sobie niestety sprawę z doniosłości tego postępu i rozumie, ile możnaby zaoszczędzić przez celowe zastosowanie nowoczesnych aparatów i urządzeń.

Ceny paliwa wciąż rosną. Zjawisko to ma wszystkie cechy zjawiska stałego. Każda zatem oszczędność, jaką na paliwie osiągnąć można, gra coraz poważniejszą rolę.

Warto pokonferować o tych sprawach z kierownikiem ruchu, a jeżeli określenie kosztów wytwarzania energji nastręczać mu będzie większe trudności, albo jeżeli nie będzie on sobie zdawał sprawy z tego do jakiego stopnia koszty te możnaby zmniejszyć, warto wezwać odpowiedniego specjalistę.

Bardzo być może, że i w tym wypadku zachodzi marnotrawstwo środków produkcji.

M. T. HUBER, prof.

O WYTRZYMAŁOŚCI RURY WALCOWEJ NA WEWNĘTRZNE CIŚNIENIE HYDROSTATYCZNE.

1. Znaczne podwyższenie roboczej prężności w nowoczesnych kotłach parowych zniewala techników do rewizji podstaw naukowych wszelkich obliczeń mających na oku ekonomję i bezpieczeństwo ruchu urządzeń, jakie wytwarzają energję mechaniczną z ciepła za pośrednictwem pary. To też mam zamiar w szeregu artykułów zająć się sprawą obliczeń wchodzących w zakres tego działu mechaniki stosowanej, który nazywają zwykle z francuska „wytrzymałością materjałów" chociaż nazwa ta nie ujmuje zakresu odpowiadającego działu nauki w sposób dogodny i jasny, jak to np. zachodzi w przypadku „aeromechaniki", „hydromechaniki", „termodynamiki" i t. p.[1]).

Niniejszy artykuł będzie poświęcony obliczeniu wytężenia materjału w ścianie rury poddanej ciśnieniu wewnętrznemu na podstawie nowej miary wytężenia. Przez „wytężenie" rozumię przytem jakąkolwiek wielkość mierzącą niebezpieczeństwo pęknięcia. Przy zwykłem podłużnem rozciąganiu lub ściskaniu prętów jest nią oczywiście bądź to wartość naprężenia, bądź też wydłużenia jednostkowego, ale przy złożonych stanach napięcia napotykamy na trudności w ustaleniu miary wytężenia materjału, niezupełnie jeszcze pokonane, jak poniżej zobaczymy.

2. Stan napięcia w materjale rury narażonej na ciśnienie *wewnętrzne* p (kg/cm²) określają, jak wiadomo, następujące wartości naprężeń głównych w punkcie odległym o x od osi rury (rys. 1).

1°) Naprężenie *obwodowe* σ_t mające kierunek styczny do koła o promieniu x:

$$\sigma_t = \frac{a^2 p}{b^2 - a^2}\left(\frac{b^2}{x^2}+1\right) \dots\dots\dots (1)$$

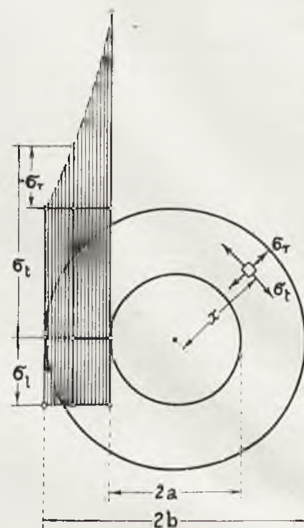
2°) Naprężenie *radjalne* σ_r o kierunku promienia [2]):

$$\sigma_r = -\frac{a^2 p}{b^2 - a^2}\left(\frac{b^2}{x^2}-1\right) \dots\dots (2)$$

3°) Naprężenia podłużne σ_l wywołane naciskiem hydrostatycznym na ściany zamykające rurę:

$$\sigma_l = \frac{a^2 p}{b^2 - a^2} \dots\dots\dots (3)$$

Ważność powyższych wzorów jest ograniczona 1°) tem aby nigdzie w materjale nie przekroczono granicy stosowalności prawa Hooke'a i zasady superpozycji (uogólnionego prawa Hooke'a) 2°) stosowalnością tylko do części rury



Rys. 1.

dość odległych od den lub ścian zamykających jej koniec, albowiem stan napięcia na końcach może być bardzo różny, zależnie od ukształtowania przejścia końców rury w dna lub ściany zamykające.

Otóż warunek pierwszy jest w przypadku, gdy materjałem rury jest metal o wyraźnej *granicy plastyczności* (dawniej „płynności", „ciastowatości", niem. *Fliessgrenze*), praktycznie biorąc, równoważny z warunkiem, aby stan napięcia nie dochodził do *granicy plastyczności*. Ale doświadczalne wyznaczenie granicy plastyczności odbywa się z reguły tylko przy pomocy „próby rozrywania", t. zn. przy stanie napięcia *jednoosiowym*, określonym wartością jednego naprężenia głównego σ, przyczem dwa pozostałe są równe zeru. Dajmy na to, że z takiego doświadczenia

[1]) To bowiem co Francuzi nazywają „Résistance des materiaux", a Niemcy „Die Elastizitäts und Festigkeitslehre", jest właściwie „stosowaną" (lub „techniczną" mechaniką naturalnych ciał stałych w odróżnieniu od abstrakcyjnej mechaniki *punktu materjalnego, układu punktów materjalnych* i biorąc ściśle, również abstrakcyjnej mechaniki ciała „*sztywnego*" lub układów takich ciał. (Praktyczna doniosłość obu tych abstrakcyjnych działów mechaniki nie podlega oczywiście najmniejszej wątpliwości). Dlatego byłoby nader pożyteczne mieć dla rzeczonego działu mechaniki stosowanej inną, dogodniejszą i odpowiedniejszą nazwę. Tutaj nasuwałaby się przedewszystkiem, zapewne nieraz już proponowana: „stereomechanika" (grecki wyraz „stereon" oznacza ciało stałe). Jednakże w „stereometrji" mamy od tysiącleci na myśli figury przestrzenne jako obrazy geometryczne ciał „sztywnych" i dlatego byłbym raczej skłonny do zaproponowania nowotworu łacińsko-greckiego: „solidomechanika", ponieważ „solidum" (corpus) znaczy również ciało stałe, bez podkreślania abstrakcyjnej sztywności.

Solidomechanika dzieliłaby się jeszcze na „elastomechanikę" operującą tylko odkształceniami sprężystemi i „plastomechanikę" wkraczającą w mało dotąd uprawianą dziedzinę odkształceń trwałych (plastycznych).

[2]) Wywód wzorów (1) i (2) znajdzie czytelnik np. w książce: Timoszenko-Huber „Wytrzymałość materjałów", Lwów—Warszawa, 1921, str. 247 i nast.

okazuje się, iż granica plastyczności materjału zostaje osiągnięta, gdy $\sigma = K_0$ (dla stali zlewnej np. $K_0 = 3000$ kg/cm^2 i więcej); wówczas zachodzi pytanie jakie wartości winny mieć wszystkie trzy naprężenia główne niebezpiecznego miejsca rury przy osiągnięciu w tem miejscu również granicy plastyczności.

To osiągnięcie cechuje, jak wiadomo, *silny wzrost odkształceń trwałych, odbywający się praktycznie przy niezmiennym stanie napięcia.*

Na powyższe pytanie usiłowano oddawna odpowiedzieć przy pomocy t. zw. „teoryj wytrzymałości". Są to właściwe *hipotezy*, oparte bądź na pewnych poglądach na budowę materji, bądź też na uogólnieniu faktów doświadczalnych przy pomocy intuicji naukowej. O ich użyteczności i stosowalności do materjałów technicznych decydują oczywiście tylko gruntowne badania doświadczalne przy możliwie różnorodnych stanach napięcia. Tego rodzaju badania, wykonano w minionem 50-leciu w wielu pracowniach, zwłaszcza na metalach. Wszystkie doświadczenia wykazały zgodnie nietylko błędność dawnego zapatrywania, pokutującego jeszcze ciągle w umysłach niektórych inżynierów, jakoby wartość *największego naprężenia* decydowała o *„wytężeniu"* materjału także w ogólnym stanie napięcia, lecz także błędność *hipotez największego wydłużenia* (Poncelet, de Saint-Venant) rozpowszechnionych na kontynencie Europy po dziś dzień w podręcznikach technicznych, mało troszczących się niestety o postęp naukowy, jeżeli tenże domaga się porzucenia starych wzorów przedrukowywanych bez zmiany prawie od stulecia.

Wymienione badania doświadczalne zdawały się zrazu popierać hipotezę największego odkształcenia postaciowego (Coulomb), czyli równoważną jej hipotezę *największego naprężenia stycznego*, albo *największej różnicy naprężeń głównych* (Guest, Mohr): atoli w miarę zwiększania dokładności pomiarów i staranności w doborze próbek, okazało się że dla kowalnych metali daje jeszcze lepszą zgodność z doświadczeniami hipoteza *największej energji czystego odkształcenia postaciowego*, wypowiedziana, jak się zdaje poraz pierwszy w pracy podpisanego ogłoszonej tylko po polsku w r. 1904 [1]).

Te fakty naukowe usprawiedliwiają dostatecznie potrzebę rewizji odpowiednich wzorów wytrzymałościowych, jakie znajdujemy w podręcznikach, oraz ustawienia nowych wzorów racjonalniejszych.

Jak już wspomnieliśmy, podręczniki stoją wciąż jeszcze na gruncie niewątpliwie błędnej hipotezy największego wydłużenia i podają następujące obliczenie rury ze względu na wytrzymałość.

Największe wydłużenie jednostkowe zachodzi na wewnętrznej ścianie rury i ma według teorji sprężystości wartość

$$\frac{1}{E}\left|\sigma_t - \frac{1}{m}(\sigma_l + \sigma_r)\right|.$$

Wartość ta nie powinna dosięgać wydłużenia przy naprężeniu K_0 granicy plastyczności (prostego rozciągania lub ściskania), czyli

$$\frac{1}{E}\left|\sigma_t - \frac{1}{m}(\sigma_l + \sigma_r)\right| \leqq \frac{K_0}{E} \ldots\ldots (4)$$

Stąd równość

$$\sigma_t - \frac{1}{m}(\sigma_l + \sigma_r) = k \ldots\ldots\ldots (4a)$$

jeżeli k oznacza wartość naprężenia mniejszą od K_0, wzgl. wartość bezpieczną. Podstawiwszy w powyższe równanie wyrażenia dla naprężeń głównych i rozwiązawszy je względem promienia zewnętrznego b rury, jeżeli wewnętrzny a uważamy za dany, otrzymujemy:

$$b = a\sqrt{\frac{k + \left(1 - \frac{2}{m}\right)p}{k - \left(1 + \frac{1}{m}\right)p}} \ldots\ldots\ldots (5)$$

Przy wartości liczby Poissona $m = {}^{10}/_3$ (kowalne żelazo lub stal) mamy

$$b = a\sqrt{\frac{k + 0{,}4\,p}{k - 1{,}3\,p}} \ldots\ldots, (5a)$$

Ten wzór zalecają podręczniki do obliczenia promienia zewnętrznego rury przy danym promieniu wewnętrznym z warunku, ażeby zachodziło n—krotne bezpieczeństwo przeciw osiągnięciu granicy wytrzymałości K (przyczem $K = nk$), albo też n'-krotne bezpieczeństwo przeciw osiągnięciu granicy plastyczności K_0 (przyczem $K_0 = n'k$) jeżeli największe ciśnienie wewnętrzne ma wartość p.

3. Tutaj nasuwa się zaraz pytanie dlaczego praktyka, posługująca się od lat kilkudziesięciu powyższym wzorem, nie znalazła powodu do wątpienia w jego prawdziwość, nawet wtedy gdy już zauważono w innych przypadkach niezgodność z doświadczeniem hipotezy najw. wydłużenia.

Odpowiedź podamy poniżej, wyprowadziwszy najpierw wzór nowy, oparty na hipotezie najw. energji odkształcenia postaciowego, jako odpowiadającej najlepiej faktom doświadczalnym w przypadku materjałów takich, jak żelazo kowalne lub stal.

W najogólniejszym przypadku trójwymiarowego stanu napięcia określonego naprężeniami normalnemi σ_x, σ_y, σ_z i stycznemi τ_{xy}, τ_{yz}, τ_{zx}, przedstawia energję czystego odkształcenia wzór:

$$A_f = \frac{m+1}{6\,m\,E}\Big[(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6(\tau^2_{zy} + \tau^2_{yz} + \tau^2_{zx})\Big]$$

---

[1]) „Właściwa praca odkształcenia, jako miara wytężenia materjału" Czasop. Techn. Lwów. Ob. także *T. Schleicher* „Der Spannungszustand an der Fliessgrenze" Z. f. ang. Math. u. Mech. T. 6. 1926, zesz. 3 *M. Ros & A. Eichinger* „Versuche zur Klärung der Frage der Bruchgefahr", Zurich 1926 (wyd. Labor. Wytrz. Politechniki Szwajcarskiej).

Przy prostem rozciąganiu lub ściskaniu naprężeniem k sprowadza się to wyrażenie do formy:

$$\Lambda_f = \frac{m+1}{3mE} k^2$$

Stąd, w myśl naszej hipotezy, warunek wytrzymałościowy:

$$(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 +$$

$$+ 6(\tau^2_{xy} + \tau^2_{yz} + \tau^2_{zx}) = 2k^2 \quad \ldots\ldots (6)$$

przyczem $k \leq K_0$.

W zagadnieniu rury odpadają naprężenia styczne, ponieważ normalne, określone równaniami (1, 2, 3) są naprężeniami głównemi; a zatem warunek wytrzymałościowy:

$$(\sigma_t - \sigma_r)^2 + (\sigma_r - \sigma_l)^2 + (\sigma_l - \sigma_t)^2 =$$

$$= 2k^2 \quad \ldots\ldots (7)$$

Po wstawieniu wartości i rozwiązaniu względem b znajdujemy z łatwością:

$$\mathbf{b} = \mathbf{a} \sqrt{\frac{\mathbf{k}}{\mathbf{k} - \mathbf{p}\sqrt{3}}} = \mathbf{a} \sqrt{\frac{\mathbf{k}}{\mathbf{k} - 1{,}732\,\mathbf{p}}} \quad \ldots\ldots (8)$$

Tym przeto wzorem winniśmy się posługiwać przy obliczeniu promienia zewnętrznego b rury, mającej przy danym promieniu wewnętrznym a wytrzymywać najw. ciśnienie wewnętrzne p, jeżeli uwzględnimy hipotezę odpowiadającą dzisiejszemu stanowi badań laboratoryjnych.

Dla porównania podamy jeszcze wzór oparty na hipotezie największej różnicy naprężeń głównych, która miała zwolenników w Anglji pod wpływem prac I. Guest'a. W naszym przypadku otrzymalibyśmy oczywiście warunek wytrzymałościowy w postaci:

$$\sigma_t - \sigma_r = \frac{b^2 + a^2}{b^2 - a^2} p + p = k,$$

stąd

$$b = a \sqrt{\frac{k}{k - 2p}} \quad \ldots\ldots (9)$$

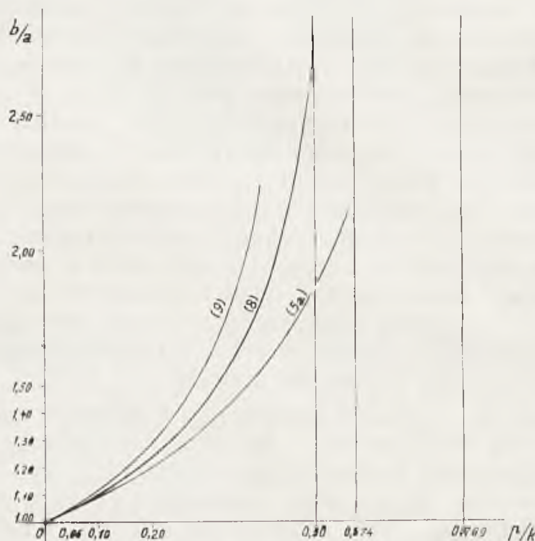
4. Uderzającą wspólną cechą wszystkich trzech wzorów, (5), (8) i (9) jest to, że według nich niepodobna spełnić warunku wytrzymałościowego, jeżeli ciśnienie p osiąga lub przekracza pewną wartość graniczną p_{gr} zależną od wytrzymałości materjału rury. Wtedy bowiem wypada $b/a = \infty$ lub urojone. Było to oczywiście do przewidzenia, jednakże wartość p_{gr} wypada przy każdej z hipotez inna, a mianowicie:

a) według wzoru (5a) byłoby $p_{gr} = \frac{k}{1{,}3} = 0{,}769\ k$

b) „ „ (8) wypada $p_{gr} = \frac{k}{\sqrt{3}} = 0{,}574\ k$

c) „ „ (9) byłoby $p_{gr} = \frac{2}{k} = 0{,}5\ k$

Różnice wartości p_{gr} są, jak widzimy, bardzo poważne i mogłyby na pozór posłużyć do wyboru hipotezy dla naszego przypadku najodpowiedniejszej, gdyby nie kapitalna trudność wywarcia tak wielkich ciśnień oraz doświadczalnego stwierdzenia, kiedy pojawiają się pierwsze odkształcenia trwałe w warstwie wewnętrznej. Grubość bowiem tej warstwy jest po pierwszem przekroczeniu granicy plastyczności zrazu bardzo mała i dopiero potem rośnie powoli i w miarę dalszego wzrostu ciśnienia wewnętrznego. Natomiast w zwykłych warunkach praktyki, kiedy ciśnienia wewnętrzne wynoszą kilka do kilkudziesięciu atmosfer, co odpowiada zaledwie kilku tysięcznym do kilkunastu setnych części wartości k, prowadzą wszystkie trzy podane wzory do wartości różniących się niewiele, co znowu było łatwem do przewidzenia, jeżeli się zważy, że wówczas naprężenia σ_r i σ_l grają podrzędną rolę wobec przeważającej wartości σ_t. Oto mamy odpowiedź na postawione powyżej pytanie — odpowiedź udokumentowaną nadto tablicą liczbową i sporządzonym podług niej wykresem (rys. 2).



Rys. 2.

Ciśnienie wewn.	Stosunek promienia zewnętrznego b do a według wzorów:		
napręż. dopuszcz. p/k	(5a) (hip. najw. wydłużenia)	(8) (hip. energji odkszt. post.)	(9) (hip. najw. różn. napr. gł.)
0,005	1,0045	1,0045*	1,0050
0,010	1,0086	1,0088*	1,0101
0,015	1,0129	1,0132*	1,0153
0,020	1,0173	1,0178*	1,0206
0,025	1,0217	1,0224*	1,0260
0,030	1,0262	1,0270*	1,0314
0,040	1,0352	1,0366*	1,0426
0,050	1,0445	1,0463*	1,0541
0,060	1,0539	1,0564*	1,0660
0,070	1,0634	1,0668*	1,0783
0,080	1,0732	1,0774*	1,0911
0,090	1,0832	1,0884*	1,1043
0,100	1,0933	1,1008*	1,1180
0,200	1,2081	1,2370*	1,2910
0,300	1,3550	1,4428*	1,5811
0,400	1,5546	1,8042*	2,2361
0,500	1,8516	2,7318*	∞
0,574	2,2011	∞	—
0,769	∞	—	—

Liczby powyższej tablicy ułatwiają interesujące porównanie stosowanego w praktyce od dawna przybliżonego obliczenia potrzebnej grubości ścianki δ walczaka w kotle parowym według wzoru:

$$\delta = \frac{ap}{k} \; \ldots\ldots\ldots \; (10)$$

wyprowadzonego przy uwzględnieniu samych tylko naprężeń obwodowych rozłożonych w przybliżeniu równomiernie na grubości ścianki (Kwestję osłabienia ścianki przez nitowanie pozostawiamy na razie na uboczu). Jak łatwo zauważyć, wystarczy odjąć 1 od liczb podających wartość stosunku b/a przy danem p/k, ażeby otrzymać szukaną dokładną wartość δ/a, (albowiem $\frac{\delta}{a} =$

$$= \frac{b-a}{a} = \frac{b}{a} - 1).$$

Wartość ta okazuje się aż do p/k $\leq$ 0,09 *mniejszą od wartości przybliżonej* określonej wzorem (10) (jakkolwiek zmniejszenie nie przekracza nigdzie 12%). Dopiero dla p/k $>$ 0,09 staje się dokładna wartość (obliczona wzorem 8) stale *większą od wartości przybliżonej* z (10) a różnica rośnie szybko ze wzrostem p/k.

Przyjąwszy np. jako dopuszczalną wartość naprężenia $k = 500$ kg/cm² widzimy, że do wysokości ciśnienia $p = 45$ *at* daje przybliżony rachunek zupełną rękojmię, że stopień pewności nie doznał uszczerbku przez niedokładność obliczenia. Dokładne zaś obliczenie byłoby (przy $k = 500$ kg/cm²) dopiero koniecznem dla ciśnień powyżej 50 at. (Mówiąc o ciśnieniu wewnętrznem mamy zawsze na myśli ciśnienie „względne" t. j. nadwyżkę ciśnienia wewnętrznego ponad zewnętrzne ciśnienie atmosferyczne).

Na zakończenie pozostaje mi uzasadnić dlaczego przytoczyłem powyżej jako przybliżony praktyczny wzór do obliczenia grubości ściany równanie (10), zamiast zaleconego i rozpowszechnionego

$$(w\ mm.)\quad \delta = \frac{S\,p\,n}{200\,K\,\varphi} + 1 \; \ldots\ldots \; (11)$$

We wzorze oznacza tym, jak wiadomo:
S średnicę wewnętrzną w mm
p ciśnienie wewnętrzne w at
K doraźną wytrzymałość materjału w kg/mm²
n stopień pewności
φ spółczynnik $\leq$ 1 zależny od konstrukcji ewentualnych szwów.

Dodatek 1 mm po prawej stronie wzoru „na rdzewienie" i t. p. jest zapewne zabytkiem z czasów, kiedy stosowano tylko bardzo małe ciśnienia wskutek czego obliczone wzorem teoretycznym (10) grubości wypadały niekiedy za małe do praktycznego wykonania. Dziś staje się ten dodatek zupełnie zbędnym anachronizmem, a nadto zamąca obraz rzeczywistego stopnia pewności, określony jasno i niedwuznacznie wartością stosunku $n = \frac{K}{k}$ tylko przy zastosowaniu wzoru teoretycznego.

Byłby już czas porzucić raz na zawsze tę bezpożyteczną komplikację i stosować wyłącznie wzór w postaci (10), czyli przy oznaczeniach wzoru (11):

$$\delta = \frac{S\,p\,n}{200\,K\,\varphi} \; \ldots\ldots \; (12)$$

I. FESZCZENKO-CZOPIWSKI, prof. Akad. Górn. w Krakowie.

WYTRZYMAŁOŚĆ i TWARDOŚĆ SZWA SPAWANEGO, PRZYCZYNY TEJ TWARDOŚCI I PRÓBY UJEDNORODNIENIA SZWA SPAWANIA PRZY POMOCY OBRÓBKI TERMICZNEJ.

por. *Technika Cieplna*, r. 1927, str. 4.

§ 45. W tablicach 17*), 18*) i 19 umieszczono trzy serje badań: 1) badania na rozerwanie ze szwem spawania w poprzek próbki (tabl. 17), 2) badania na rozerwanie ze szwem spawania wzdłuż próbki (tabl. 18), 3) badania kruchości szwa spawania (tabl. 19). Oprócz tego dzięki uprzejmości p. inż. A. Szumowskiego (Chrzanów), któremu tą drogą składamy serdeczne podziękowanie miałem możność wyjaśnić rolę bardzo ważnego czynnika, a mianowicie wpływu kucia na wytrzymałość szwa spawania acetylenem. Dla porównania we wszystkich wypadkach przytoczono odpowiednie właściwości mechaniczne materjału spawanego.

§ 46. Porównywując wyniki badań, ułożone w tablicach 17 i 19 z odpowiedniemi wynikami przy spawaniu łukiem elektrycznym (tablice 9 i 11) musimy stwierdzić, że acetylenowy szew spawania w stanie surowym (nieprzekutym) jest mniej ciągliwy i mniej wytrzymały, niż szew spawania otrzymany przy pomocy łuku elektrycznego. Podobnie przy spawaniu acetylenowem i nieprzekutych próbkach częściej zdarza się zerwanie przez szew spawania. Stopień jednak kruchości jest w obu wypadkach jednakowy i przy zwykłych temperaturach badania odporność na uderzenie szwa spawania otrzymanego czy to w płomieniu acetylenu czy też w łuku elektrycznym wynosi około 2 kgm/cm² w stanie niewyżarzonym i wyżarzonym i około 5—6 kgm/cm² w stanie ulepszonym.

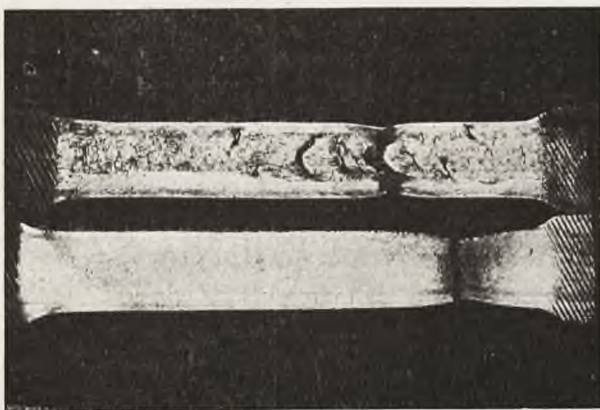
Badania prób na rozerwanie z podłużnym szwem spawania wykazały, że ulepszanie termicz-

*) por. *Technika Cieplna*, str. 3.

ne podnosi w znacznym stopniu ciągliwość nawet w nieprzekutych próbkach i to w sposób bardziej kategoryczny, niż w próbkach spawanych łukiem elektrycznym, posiadających również podłużny szew spawania (porównaj tablicę 10).

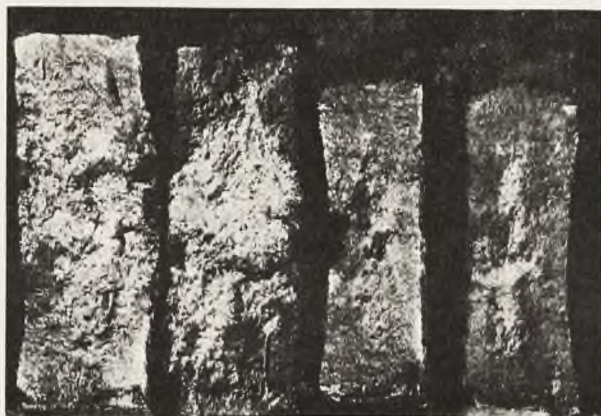
§ 47. Najlepsze wyniki otrzymujemy jednak przy szwie przekutym na gorąco. Ciągliwość, a zwłaszcza odporność na uderzenie we wszystkich wypadkach badania prób ze szwem spawania przekutym znacznie się podniosła. Ciągliwość w próbkach ulepszonych stała sie równą 80—82% ciągliwości materjału spawanego. W naszych badaniach materjału blach kotłowych o zawartości węgla około 0,1% odporność na uderzenie, (stopień kruchości), wynosząca dla materjału spawanego (materjału blach kotłowych) w zwyczajnych temperaturach badania 12—13 kgm/cm², a dla nieprzekutego szwa spawania zaledwie 2 kgm/cm² w niewyżarzonym i wyżarzonym stanie, jak to już wyżej wspominaliśmy, zaś około 5—6 kgm/cm² w stanie ulepszonym, wzrosła w próbkach przekutych do 5,2 kgm/cm² w stanie surowym i do 8—9 kgm/cm² w stanie ulepszonym, co wynosi około 70% odporności na uderzenie blachy kotłowej. Stąd dochodzimy do wniosku, którego w istocie nie można uważać za nieoczekiwany, który jednak szczególnie należy podkreślić, że *szew spawania należałoby przed ulepszaniem termicznem przekuć na gorąco.*

Rys. 66, pow. $^2/_3$, przedstawia dwie próbki na rozerwanie z acetylenowym szwem spawania wzdłuż próbki. U góry znajduje się próbka



Rys. 66.

ze szwem spawania w stanie nieprzekutym (surowym) i termicznie nieobrobionym; cała powierzchnia próbki (szwa spawania) popękała w wielu miejscach. U dołu tej odbitki znajduje się również próbka z acetylenowym szwem spawania wzdłuż próbki, lecz poprzednio przekutym i następnie termicznie ulepszonym, jest ona zupełnie wolną od szczelin. Rys. 67 (pow. 2) przedstawia złomy tych dwóch próbek. Podczas gdy gruboziarnisty szew spawania wydziela się zupełnie wyraźnie w spawanej nieprzekutej (surowej) i termicznie nieobrobionej próbce, to podobny, podłużny szew spawania na drobnoziarnistej przekutej a następnie termicznie ulepszonej próbce prawie, że nie odróżnia się od ogólnego tła.



Rys. 67.

Mikrofotografje 68, 69 (pow. 65), przedstawiają szew spawania nieobrobiony termicznie



Rys. 68.

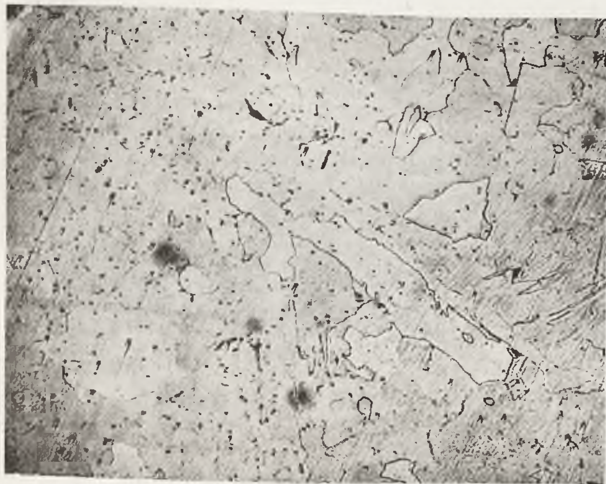


Rys. 69.

ani mechanicznie. Budowa jego jest podobna do tej, jaką widzieliśmy niejednokrotnie na szwie

spawania łukiem elektrycznym (porównaj mikrofotografję 43). Czarne plamy są to luki nieco rozszerzone pod działaniem sił rozciągających, próbki te były poprzednio zerwane na prasie Amslera (por. ich wygląd makrofotograficzuy na makrofotografji 66).

Mikrofotografja 70 (pow. 130), przedstawia miejsce szwa spawania, poddanego poprzedniemu



Rys. 70.

kuciu, odwęglone podczas tego kucia i wypełnione drobnemi kropelkami *FeO*. Mikrofotografja 71 (pow. 130), przedstawia granicę w szwie spa-



Rys. 71.

wania próbki przekutej, znajdującą się pomiędzy dwoma strefami: normalną i odwęgloną (nacementowaną tlenem). Mikrofotografja 72 (pow. 65), przedstawia widoczną granicę spawania pomiędzy materjałem spawanej blachy o wyraźnie warstwowej budowie i przejście jej do budowy szwa spawania. Szew spawania wykazuje zwiększoną zawartość węgla, w wypadku tym zgodnie z reakcją IV (patrz § 42) miał miejsce proces cementacji.

Do mikrobudowy szwa spawania acetylenem należy odnieść wszystko to, o czem mówiliśmy w § 32, poświęconym opisowi budowy szwa spawania przy pomocy łuku elektrycznego. Na granicach istotnego szwa spawania prawie na



Rys. 72.

każdej trawionce, przygotowanej ze szwa spawania można znaleźć niemało braków spawania, których charakter i zewnętrzny wygląd jest podobny do przedstawionych na mikrofotografjach 45a, 45b, 45c, 53, 54. Widoczna granica spawania w próbkach przekutych jest zawsze znacznie przesunięta w głąb materjałuw porównaniu z granicą w próbkach nieobrobionych. W ogólności szew przy acetylenowym sposobie spawania jest zawsze w znacznym stopniu nasycony (nacementowany) tlenem. Na dowód tego twierdzenia przytaczamy mikrofotografję 73 (pow. 65), przedstawiającą jeden odcinek szwa acetylenowego spawania. Wszystkie



Rys. 73.

ziarna ferrytu wypełnione są kropelkami *FeO*, a środek mikrofotografji zajmuje dosyć gruba o charakterystycznej wzorzystej budowie strefa eutektyki *Fe-FeO*.

Ciekawem również jest i to, że we wszystkich wypadkach acetylenowego spawania nie napotkaliśmy się w budowie szwa z azotkami (po-

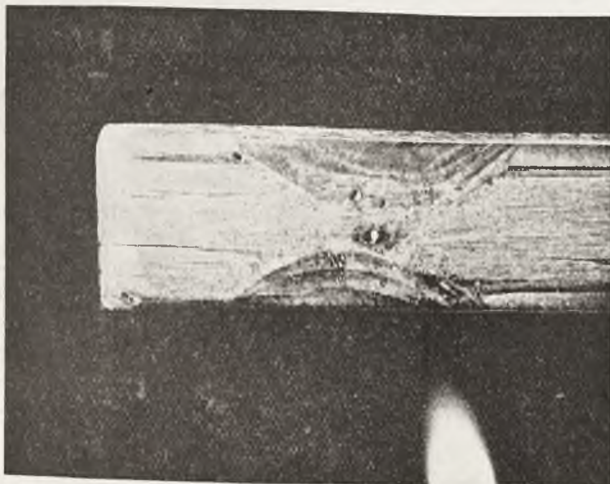
równaj budowę na mikrofotografji 55). Jednakże stopień porowatości nieprzekutego szwa spawania acetylenem jest może nieco większy niż przy elektrycznym (łukowym) sposobie spawania, a to skutkiem niższych temperatur, w których faktycznie odbywa się spawanie acetylenowe.

TABLICA 19.

Zmiany kruchości szwa spawania acetylenem w zależności od temperatury badania i poprzedniej obróbki termicznej kgm/cm².

	t-ra badania °C	Materjał w stanie: termicznie nie odrobionym (S)			wyżarzonym (W)			ulepszonym (UP)			ulepszonym (UH)			ulepszonym (UK)		
Materjał blachy spawanej (S)	— 15	11,1 / 9,9	10,5	n. z. / „	9,2 / 8,6	8,9	z. / „	9,9 / 9,4	9,6	n. z. / z.	8,3 / 9,3	8,5	z. / „	10,4 / 11,7	11,0	n. z. / „
	0	10,0 / 11,3	10,6	„ / „	11,0 / 10,6	10,8	n. z. / „	9,6 / 10,7	10,1	„ / n. z.	8,5 / 8,9	8,7	„ / „	12,2 / 10,5	11,3	„ / „
	+ 18	11,8 / 10,9	11,3	„ / „	9,4 / 9,8	9,6	z. / „	12,8 / 11,9	12,3	„ / „	10,7 / 11,1	10,9	n. z. / „	13,2 / 14,1	13,6	„ / „
	+ 100	13,2 / 13,7	13,4	„ / „	11,9 / 11,2	11,6	n. z. / „	13,1 / 13,3	13,2	„ / „	11,1 / 12,8	12,0	„ / „	13,1 / 16,3	14,7	„ / „
	+ 150	13,9 / 12,5	13,2	„ / „	12,2 / 11,4	11,8	„ / „	13,8 / 14,9	14,3	„ / „	13,9 / 15,3	14,6	„ / „	16,7 / 13,4	15,0	„ / „
	+ 200	13,2 / 12,8	13,0	„ / „	11,7 / 12,0	11,8	„ / „	13,4 / 12,9	13,2	„ / „	13,2 / 11,4	12,3	„ / „	14,0 / 13,0	13,0	„ / „
Szew spawania w stanie surowym (AS)	— 15	1,5 / 0,9	1,2	z. bsp / „	1,9 / 1,3	1,6	z. b.sp. / „	1,4 / 5,1	3,2	z. b. sp / z.	1,2 / 1,0	1,1	z bsp. / „	1,1 / 1,0	1,1	z. bsp. / „
	0	1,2 / 1,1	1,2	„ / „	1,6 / 1,5	1,6	„ / „	1,3 / 1,2	1,3	z. b. sp / „	5,5 / 0,9	3,2	z / z bsp.	2,7 / 4,8	3,8	„ / z
	+ 18	1,5 / 0,9	1,2	„ / „	2,2 / 1,5	1,9	„ / „	4,8 / 6,2	5,5	z. / „	7,1 / 3,2	5,1	z / „	6,1 / 6,8	6,5	„ / „
	+ 100	7,2 / 5,0	6,1	z. / z. bsp	5,1 / 3,9	4,5	z. / z. b. sp	7,8 / 5,8	6,8	„ / „	6,8 / 5,5	6,2	„ / „	12,0 / 8,8	10,4	n. z / z
	+ 150	11,4 / 4,9	8,1	n. z / z. bsp	5,1 / 4,7	4,8	z. / „	8,0 / 4,7	6,4	„ / „	5,9 / 5,8	5,9	„ / „	7,9 / 9,4	8,6	„ / n. z
	+ 200	6,2 / 6,1	6,2	„ / „	6,5 / 7,2	6,8	„ / „	7,5 / 5,4	6,4	„ / „	8,6 / 4,6	6,6	„ / „	8,5 / 9,0	8,7	z / „
Szew spawania w stanie przekutym. (AK)	— 15	6,1 / 3,0	4,5	z. / „	1,2 / 1,3	1,3	z. b.sp / „	2,0 / 4,0	3	z. / „	1,0 / 9,5	5,2	z / n. z.	7,6 / 6,1	6,8	z / „
	0	1,7 / 1,8	1,8?	z. bsp / „	1,7 / 1,9	1,8	„ / „	7,6 / 5,7	6,7	„ / „	7,5 / 4,1	5,8	z. / „	5,0 / 6,6	5,8	„ / „
	+ 18	4,2 / 6,2	5,2	z. / „	2,5 / 1,9	2,2	„ / „	9,5 / 9,8	9,6	„ / n. z.	11,6 / 5,0	8,3	n. z. / z	4,7 / 6,0	5,4	„ / „
	+ 100	8,2 / 8.0	8,1	„ / „	7,3 / 9,0	8,2	z. / „	8,6 / 11,7	10,1	z / n. z	8,7 / 8,4	8,6	„ / „	11,0 / 9,7	10,3	n. z / „
	+ 150	11,6 / 7,9	9,7	n. z. / z.	8,3 / 11,2	9,7	„ / n. z.	10,9 / 7,3	9,1	„ / z	8,8 / 7,5	8,2	„ / „	10,1 / 6,8	8,5	„ / z
	+ 200	6,9 / 7,0	7,0	„ / „	8,7 / 9,7	9,2	z. / n. z	5,7 / 11,2	4,6	„ / n. z.	10,2 / 6,4	8,3	n. z. / z.	10,2 / 9,5	9,8	n. z. / „

Mikrofotografja 74 (pow. 2), przedstawia makroskopowy wygląd szwa spawanego



Rys. 74.

w stanie surowym (nieprzekutym) po wytrawieniu.

Średnia grubość szwa i warstw w pobliżu leżących i silnie utwardnionych, jak to widać z tablicy Nr 20, wynosi około 25 mm. Szew spawania posiada w stanie nieprzekutym średnią twardość 121,5 kg/mm², dla materjału niewyżarzonego, a 113,3 kg/mm² dla wyżarzonego. W obu wypadkach twardość szwa spawania wzrosła w porównaniu z twardością materjału spawanego (w stanie surowym 103,5 kg/mm², a w wyżarzonym 96 kg/mm²) o 17 — 18%. Szew spawania w stanie przekutym posiada średnią twardość 136,9 kg/mm² dla niewyżarzonego materjału i 121.7 kg/mm² dla materjału wyżarzonego. W pierwszym wypadku twardość szwa spawania wzrosła w porównaniu z twardością materjału spawanego o 32%, w drugim o 37%. Przekucie dla stanu niewyżarzonego dało utwardnienie szwa spawania o 12,7%, a dla stanu wyżarzonego 7,5% (porównaj: wpływ kucia na wzost twardości miękkiego żelaza, rys. 3 Mechaniczne jednak właściwości szwa przekutego są znacznie lepsze. Na zakończenie składam tą drogą podziękowanie Dyrekcji Pierwszej Fabryki Lokomotyw w Polsce w Chrzanowie oraz koledze M. Kornaczewskiemu (Milowice) za wykonanie i dostarczenie prób blach spawanych acetylenem.

TABLICA 20.

Twardość wg. Brinnell'a szwa spawanego acetylenem i wpływ kucia na twardość powierzchniową kg/mm².

Twardość mierzono na mm.	Próbka w stanie surowym				Próbka w stanie wyżarzonym			
	Szew surowy		Szew przekuty		Szew surowy		Szew przekuty	
	góra	dół	góra	dół	góra	dół	góra	dół
20	99	103,5	106,5	106,5	103,5	99	99	99
	103,5	103,5	106,5	106,5	96	99	103,5	99
	103,5	103,5	106,5	111	99	99	99	96
	103,5	103,5	111	111	96	99	99	96
	103,5	103,5	111	106,5	96	96	96	96
	103,5	103,5	106,5	103,5	99	96	96	96
	106.5	106,5	106,5	106,5	99	96	96	96
40	103,5	106,5	106,5	106,5	99	103,5	103,5	99
	111	111	106,5	106,5	99	103,5	99	99
	103,5	120	115,5	106.5	103,5	111*	99	103,5
	106,5	126*	136,5*	120*	111*	111*	111*	115,5*
	111*	130,5*	142,5*	130,5*	115,5*	130,5*	115,5*	120*
60	126*	120*	142,5*	142,5*	111*	111*	130,5*	126*
	111*	111*	?	136,5*	111*	111*	130.5*	120*
	130,5*	120*	142,5*	142,5*	115,5*	111*	126*	120*
	126*	120*	142,5*	126 *	103,5	111*	130,5*	103,5
80	126*	120	142,5*	111	106,5	106,5	120*	99
	111	115,5	136,5*	111	103,5	96	106,5	99
	111	115,5	120	111	99	99	99	96
	106,5	111	115,5	103,5	96	96	99	96
	106,5	111	111	106,5	96	99	99	96
	111	111	106,5	103,5	99	96	99	96
100	106,5	106,5	106,5	106,5	103,5	96	99	96
	103,5	103,5	111	103,5	99	96	99	99
	99	103,5	103,5	106,5	99	96	103,5	96
	103,5	103,5	106,5	103,5	99	99	99	96
	103,5	103,5	111	103,5	103,5	96	99	99
120	103,5	103,5	106,5	103,5	99	99	99	96
	103,5	103,5	106,5	103.5	99	96	99	96
grubość szwa w mm	24	24	32	24	20	28	28	20
przeciętna twardość szwa	121,8	121.2	140,8	133,0	112,8	113,8	123,4	120,3

(d. c. n.)

Podał Inż. Z. K. Kielce.

GRANICE STOSOWALNOŚCI PARY JAKO ŹRÓDŁA ENERGJI MECHANICZNEJ[1].

(ZE WZGLĘDU NA CISNIENIE).

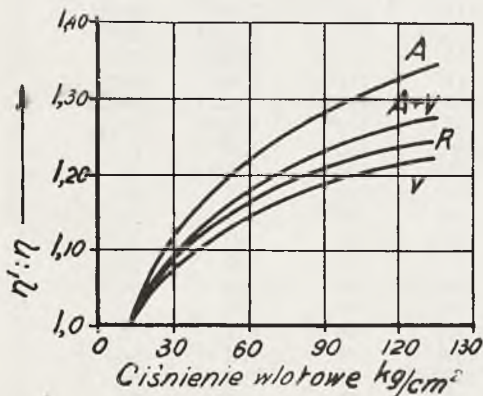
Rozważania nad granicą ciśnienia pary, przy jakiem można ją stosować do wytwarzania energji, nie dotyczą wytrzymałości materjałów będących w naszem rozporządzeniu, lecz funkcjonowania instalacji z punktu widzenia termodynamiki pary wodnej, dającej wskazówki co do granic, do których warto podnosić ciśnienie dolotowe. W tych rozważaniach przedstawione są zasadnicze typy ewolucji: obieg Rankina zwykły; obieg Rankina z międzystopniowem ponownem przegrzewaniem pary; obieg Rankina z międzystopniowem przegrzewaniem pary i ogrzewaniem wody zasilającej (z regeneracją). Dla każdej z tych ewolucji poszukiwana jest zmiana sprawności termicznej w zależności od ciśnienia.

Nie jest tu konieczna znajomość absolutnej sprawności, gdyż wystarczy jedynie porównywanie sprawności w poszczególnych wypadkach między sobą; to też przyjęto dla każdego typu ewolucji, za punkt wyjścia obieg, w którym ciśnienie wlotowe pary wynosi 14 kg/cm², a sprawność termiczna$=\eta$.

Będziemy stale przyjmować, iż temperatura pary dolotowej w turbinie jest temperaturą krańcową — określoną jako taka w rozważaniach poprzedzających, to jest 480°C. Przyjmiemy również, iż ciśnienie w kondensatorze jest stałe i wynosi 0,035 kg/cm².

Obieg Rankina. W zwykłym obiegu Rankina zwiększenie ciśnienia powoduje zwiększenie sprawności według krzywej R na rys. 5.

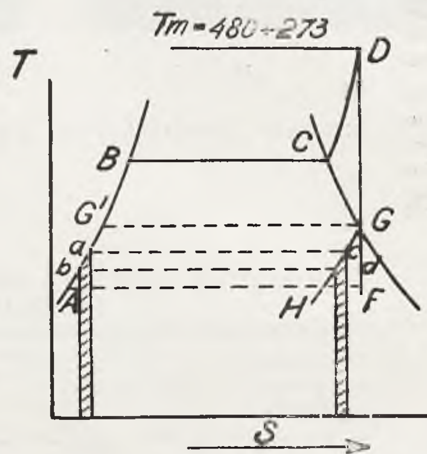
Krzywa R rys. 5 jak i pozostałe krzywe na tym rysunku wskazują, że jeżeli w danych warunkach sprawność termiczna obiegu jest η, to



Rys. 5.

przy wzroście ciśnienia wlotowego z pozostawieniem bez zmiany reszty warunków, sprawność termiczna η' wzrasta tak, iż stosunek $\eta':\eta$ wraz z wrostem ciśnienia wlotowego rów nać się będzie kolejno: 1; 1,1; 1,2 i t. d.

Obieg z międzystopniowem ponownem przegrzewaniem pary. Przypuśćmy (rys. 6), że para o ciśnieniu p_1 i temperaturze Tm (punkt D) po adjabatycznem rozprężeniu do ciśnienia p_2 (punkt E), została dogrzana znowu do temperatury Tm (punkt D¹) a następnie rozpręża się do ciśnienia panującego w kondensatorze punkt F^1 (por. linje przerywane na wykresie 6), do punktu F^1 (kondensator). Sprawność obiegu jest między innemi funkcją ilości ciepła nabytego podczas dogrzewania według izobary $E\ D^1$, zależy więc od położenia punktu E na adjabacie $D\ F$.



Rys. 6.

Można określić dla każdej wielkości ciśnienia, to jest dla każdego położenia D najwygodniejsze położenie punktu E, to jest ciśnienie, przy którem podczas rozprężania powinno być uskutecznione dogrzanie pary. Postępując tak dla różnych ciśnień wlotowych i obliczając sprawności η^1 odpowiednich obiegów, otrzymamy krzywą V (rys. 5). Stosunek $\eta^1:\eta$ wskazuje iż zwiększenie się sprawności obiegu wraz ze wzrostem ciśnienia wlotowego nie jest tak szybkie jak w obiegu Rankina.

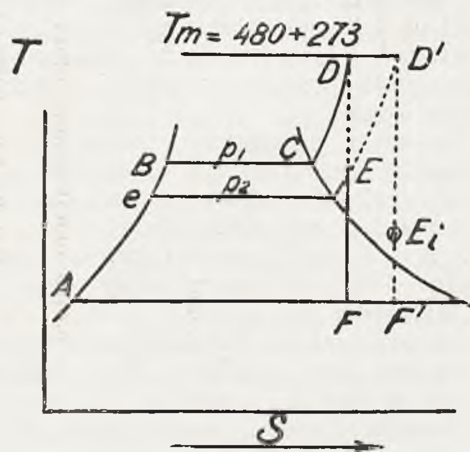
Do porównania, które mamy na celu, nie jest konieczne badanie wypadku międzystopniowego dogrzewania pary w kilku stopniach.

Obieg z teoretyczną regeneracją ciepła (recuperation theorique) przez ogrzewanie wody zasilającej.

W tym wypadku pod regeneracją rozumie się odejmowanie od masy pary podczas rozprężania ilości ciepła, równoważnej całkowitemu ciepłu ogrzania równej masy cieczy.

[1]) Por. *Technika Cieplna*, 1926, str. 62 i 63.

A więc jeżeli rozprężanie dojdzie do G (rys. 7) przestaje być adjabatycznem i odbywa się w dalszym ciągu według linji GH, odpowiadającej łukowi AG' w taki sposób, iż wielkości absolutne ilości ciepła $\int T.ds$ wymienione wzdłuż tych dwóch łuków są sobie równe. Aby regeneracja



Rys. 7.

ciepła wzdłuż GH odbywała się bez strat, powinna posiadać charakter odwracalności, co wymaga nieskończenie wielkiej ilości stopni (étages) nieskończenie małych ogrzewań wody zasilającaj w taki sposób, aby wymiana ciepła odbywała się wzdłuż łuków izoterm nieskończenie krótkich.

Krzywa A rys. 5 przedstawia w tym obiegu przyrost sprawności w zależności od ciśnienia wlotowego obiegu. Przyrosty zwiększają się szybciej jak w obiegu Rankina.

Obieg z międzystopniowem dogrzewaniem pary i regeneracją.

Jeżeli obydwa poprzednie zabiegi zostaną połączone należy oczekiwać, iż przyrost sprawności ze wzrostem ciśnienia będzie wolniejszy niż przy obiegu z zastosowaniem jedynie regeneracji ciepła.

Kolejne pobieranie pary, niezbędnej do ogrzewania, odbywają się poniżej izobary ED^1 (rys. 6) i odpowiednie punkty przedstawiające te stany rozmieszczone są według adjabaty D^1F'. Zakładamy, iż pobór pary; odpowiada całkowitemu ciepłu ogrzewania wody, wzdłuż dolnej krzywej granicznej, a więc od punktu początkowego A do punktu e, znajdującego się na izobarze punktu E.

Oznaczmy przez Qm całkowite ciepło, której go należy udzielić jednostce masy wody, aby jepozwolić wychodząc z tego samego punktu początkowego A, zmierzać do jakiegokolwiek punktu M, według dolnej linji granicznej, następnie według izobary punktu M. Niech będzie y_i masa pary pobierana ze stopnia i; y_1—masa pobierana w pierwszym stopniu w punkcie E. Obieg opisany przez czynnik — parę będzie: $ABCDED^1F^1A$, i gdyby nie było odbioru, miarą ciepła zamienionego na pracę, byłaby powierzchnia ograniczona tym konturem.

Należy jednak zauważyć, że:

1) Dogrzewaniu ulega tylko część $1-y_1$ czynnika tak, że odpowiednie ciepło dostarczone, wynosi tylko:

$$\left[(1-y_1)\int_{(E)}^{(D^1)} T\,ds\right]$$

2. Wskutek odbioru mas: y_i) w punkcie Ei, traci się pracę, którąby była wykonana przez rozprężanie tej masy czynnika z punktu Ei do punktu F^1, to jest pracę odpowiadającą:

$$y_i\,(Q_{Ei} - Q_{E^1})$$

3) Ciepło ogrzania cieczy (cieplik cieczy) od A do e, nazwijmy je Qe, nie jest dostarczone zzewnątrz, gdyż zostało zregenerowane (récupérée) z pary odbiorczej.

W tych warunkach sprawność termiczna, która jest stosunkiem ciepła zamienionego na pracę, do ciepła dostarczonego z zewnątrz wyraża się:

$$\eta = \frac{Q_D - Q'_F + (1-y_1)\int_{(E)}^{(D^1)} T ds - \sum y_i\,(Q_{Ei} - Q_{F'})}{Q_D + (1-y_1)\int_{(E)}^{(D^1)} T\,d\,s - Q_e}$$

Punkt E przedstawia najwygodniejsze dogrzewanie pary dla danej izobary. Ilość stopni (étages) ogrzewania wody zasilającej bywa 3 do 5.

Korzyści w sprawności obliczone w tych warunkach przedstawia na rys. 5 krzywa $A+V$.

Krzywe tego rysunku wskazują, iż sprawność poprawia się w miarę wzrostu ciśnienia, ale że znaczne korzyści na sprawności otrzymuje się tylko dla ciśnień zawartych pomiędzy 14 i 70 kg/cm².

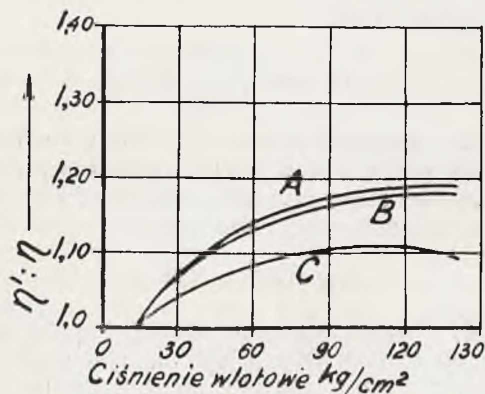
Wnioski praktyczne. Straty. Rozpatrywano dotychczas z punktu widzenia teorji termodynamiki, wpływ zwiększania wlotowego ciśnienia pary na sprawność czterech obiegów idealnych, lecz w celu ostatecznego wypowiedzenia się odnośnie granicy, do której warto zwiększać ciśnienie wlotowe, należy również uwzględnić okoliczności szczególne, w których silnik rzeczywisty funkcjonuje.

Jeżeli ciśnienie wlotowe wzrasta, to rozprężenie odpowiednio wydłuża się zarówno w dziedzinie pary nasyconej, jak i przegrzanej.

Uwzględniając wpływ wilgotności pary w różnych stopniach turbiny, na jej sprawność i wpływ poszczególnych strat, zmieniających się w realnej nowoczesnej turbinie z dogrzewaniem pary i regeneracją, w zależności od ciśnienia wlotowego—otrzymujemy rys. 8, na którym poszczególne krzywe przedstawiają nadwyżkę sprawności termicznej w porównaniu z takim samym obiegiem lecz przy wlotowem ciśnieniu pary 14 kg/cm², przy następujacych założeniach:

Pracę zużywaną przez pompy zasilające przyjęto dwa razy większą od pracy teoretycznej

(różnica rzędnych krzywej *A* i *B* rys. 8, patrz niżej znaczenie tych krzywych), co do sprawności kotła przypuszczano, że palenisko zachowuje stałą temperaturę, przy jakiemkolwiek ciśnieniu, odpowiadającą najwyższej wytrzymałości ogniotrwałych ścianek paleniska. Sprawność kotła zależy więc głównie od temperatury gazów przy wyjściu. Co do tej temperatury uczyniono przypuszczenie dość bliskie rzeczywistości, że temperatura ta daje stałą różnicę z temperaturą wody w kotle odpowiednio do wzrostu ciśnienia.



Rys. 8.

Sprawność więc kotła zmniejsza się mniej więcej o 1% jeżeli ciśnienie wzrasta o 24 kg/cm².

Na rys. 8 krzywa *A* przedstawia zmianę sprawności termicznej omawianego obiegu w zależności od ciśnienia wlotowego.

Krzywa *B* przedstawia to samo co krzywa *A* z uwzględnieniem pracy zużytej przez pompy zasilające kocioł.

Krzywa *C* przedstawia zmianę sprawności termicznej w zależności od wlotowego ciśnienia pary, z uwzględnieniem sprawności kotła i pracy zużytej przez pompy zasilające kocioł.

Z rys. 8 widać, iż dla ciśnień zawartych pomiędzy 100 i 140 kg/cm² zwiększenie sprawności termicznej jest słabe.

Badanie krzywej *C* wskazywałoby, że ciśnienie optimum leży pomiędzy 70 i 105 kg/cm². Ustalamy je jako 85 kg/cm².

Posiadamy więc 2 granice górne: 480°C. dla temperatury i 85 kg/cm² dla ciśnienia.

PRZEMIANA WĘGLA KAMIENNEGO NA ROPĘ.

Streszczenie referatu d-ra Bergiusa, wygłoszonego w listopadzie ub. r. na zebraniu w Carnegie Institute w Pittsburgh'u, Pa.

Od dziesięciu przeszło lat badano w Europie zagadnienie wytwarzania ropy z węgla kamiennego. Zapasy ropy naturalnej są na wyczerpaniu. W okresie poprzedzającym wzrost zastosowania silników spalinowych do celów lokomocji kopalnie polskie, rumuńskie i rosyjskie zaspakajały w zupełności potrzeby rynków europejskich, producenci rop poszukiwali nawet nowych rynków zbytu dla swoich wytworów.

W okresie wielkiej wojny i w okresie powojennym warunki te zmieniły się najzupełniej. Europa znalazła się wobec zmiejszenia lub zawieszenia dostaw ropy zamorskiej, spowodowanych zwiększeniem spożycia miejscowego i wobec perspektywy, że i w przyszłości te źródła dopływu ropy mogą się okazać zawodne. Łatwo przeto zrozumieć, dlaczego zagadnienie, dotyczące zastąpienia ropy kopalnej ropą sztuczną, nabrało w Europie tak poważnego znaczenia.

Surowcem, jakim w tym celu możemy rozporządzać, może być tylko węgiel kamienny lub wogóle węgiel kopalniany.

Rozwiązania zagadnienia poszukiwano na trzech różnych drogach. Najdawniej znaną i najszczegółowiej w literaturze technicznej opracowaną była metoda, która stanowi dalsze rozwinięcie i udoskonalenie znanego procesu dystylacji, zwana zazwyczaj metodą dystylacji węgla przy niskiej temperaturze. Od stulecia niemal stosowana w gazowniach i koksowniach metoda dystylacji pogłębiona została przeprowadzonemi przy najróżnorodniejszych warunkach fizycznych badaniami. Zaprojektowano przytem szereg odpowiednich mechanicznych aparatów, sprawdzono ich sprawność i zastosowano niektóre z nich w skali przemysłowej.

Nie ulega wątpliwości, że po przezwyciężeniu wielu wstępnych trudności i błędów, niektóre procesy przetwórcze, oparte na dystylacji węgla przy niskiej temperaturze opracowane zostały bardzo szczegółowo i dokładnie. Procesy te niewątpliwie odegrać mogą poważną rolę w produkcji koksu i smoły pewnego rodzaju.

Węglowodory ropy naftowej powstają tutaj jedynie jako produkt poboczny w bardzo nieznacznej ilości. Oceniając możliwość procesów, opartych na dystylacji węgla przy niskiej temperaturze podzielić niewątpliwie należy zdanie amerykańskiego uczonego *L. Doherty'ego*, który stwierdza, że, gdybyśmy całą dzisiejszą produkcję węgla w Ameryce poddali dystylacji przy niskiej temperaturze, otrzymalibyśmy bardzo nieznaczną, w stosunku do produkcji naturalnej gazoliny w Ameryce jej ilość. Zaznaczyć jednak odrazu należy, że opinja *Doherty'ego* o tyle tylko za słuszną uważać można, o ile mamy na myśli jedynie metody dystylacji węgla przy niskiej temperaturze.

Trzy metody.

Rozpatrując pierwszą z trzech metod sztucznego wytwarzania ropy stwierdzić należy, że dystylacja węgla przy wysokiej lub przy niskiej temperaturze może mieć znaczenie tylko ze stanowiska

ogólnego wyzyskania węgla. Ze stanowiska przetwarzania węgla na ropę nie posiada ona wcale znaczenia. Dalszy rozwój przemysłu dystylacyjnego zależy całkowicie od zdobycia rynków zbytu na koks, który stanowi główny produkt tego przemysłu.

Przed omówieniem proponowanej przez autora drugiej z kolei metody, polegającej na bezpośredniem traktowaniu węgla wodorem, należy dla dokładniejszego zrozumienia różnicy omówić w kilku słowach metodę trzecią.

Podstawę tej trzeciej metody stanowi odbudowa węglowodorów ze składników węgla kopalnego. Możliwa jest oczywiście również bezpośrednia chemiczna synteza węglowodorów z węgla i wodoru. Taka reakcja nie posiada jednak dotąd wartości przemysłowej. Przy pewnej temperaturze z węgla i wodoru wytworzyć się daje metan, również w odpowiedniej temperaturze wytworzyć można bezpośrednio acetylen i benzol. Przy zastosowaniu węglików metali w roli katalizatorów powstawać mogą węglowodory płynne.

Reakcje te posiadają jednak, jak wyżej powiedziano, dotąd wartość jedynie teoretyczną.

Przed 12 przeszło laty *Badische Anilin — und Soda-Fabrik* opatentowała reakcję syntezującą złożone węglowodory. Punktem wyjścia tej reakcji nie był węgiel lecz tlenek węgla, który pod wysokiem ciśnieniem i przy współdziałaniu pewnych katalizatorów łączył się z wodorem, tworząc przytem szereg węglowodorów i ich pochodnych tlenowych.

Po dokładnem zbadaniu właściwości różnych katalizatorów oraz wpływu zawartych w gazach zanieczyszczeń udało się rozwinąć znany proces przemysłowy, prowadzący do produkcji metanolu i innych alkoholów. Ustalono również warunki, w jakich w tej katalitycznej reakcji powstawać mogą różne węglowodory i alkohole.

Na podstawie tej to reakcji *Franz Fischer* w Niemczech oraz *Audibert* i gen. *Patard* we Francji przeprowadzili dalsze dociekania, uwieńczone opracowaniem metody syntetycznej wytwarzania płynnego paliwa z tlenku węgla i wodoru.

Zastosowania metody syntetycznej.

Ani z chemicznego, ani z technicznego stanowiska nie ulega najmniejszej wątpliwości, że syntezę tego rodzaju można przeprowadzić z powodzeniem. Niewiadomo tylko, czy metody tego rodzaju w zastosowaniu do produkcji paliwa mogą się opłacać. Fakt, że *Badische Anilin—und Soda-Fabrik*, której zawdzięczamy odkrycie podstawowej reakcji syntetycznej i której doświadczenie w procesach przemysłowych, odbywających się pod wysokiem ciśnieniem jest dobrze znane, stosuje powyższe reakcje jedynie do produkcji metanolu i różnych innych alkoholów, zdawałby się kwestjonować opłacalność produkowania płynnego paliwa tą drogą.

Nowsza propozycja podobnej reakcji pod normalnem ciśnieniem nie wydaje się posiadać zalet ekonomicznych, wobec znanych powszechnie korzyści, jakie osiągnąć się dają przy stosowaniu wysokiego ciśnienia we wszystkich procesach, w których mamy do czynienia z większemi masami gazów.

Węgiel kopalny, kamienny czy brunatny (lignit) zawiera składniki chemiczne dwojakiego rodzaju. Jedne z nich pochodzą głównie z błonnika i z włókna roślinnego, inne zaś, bitumiczne, z tłuszczów, substancyj białkowych, żywicy, wosku i t. p. Pierwsze i drugie składają się z węgla, z wodoru i z tlenu, ale składniki bitumiczne zawierają więcej wodoru i znacznie mniej tlenu niż błonnikowe.

Uwzględniając, że w zwykłych węglach tłustych (długopłomiennych) stosunek węgla do wodoru odpowiada stosunkowi 16 do 1, w ropie zaś naturalnej około 8 do 1, stwierdzić wypada, że na to, aby węgiel przetworzyć na ropę, należy ilość wodoru podwoić.

Wyniki osiągane przy dawniejszych metodach.

Proces dystylacyjny oraz proces syntetyczny działają we wręcz odmiennym kierunku. Proces dystylacyjny powoduje wydzielanie się znacznych ilości wodoru z węgla. W procesie syntetycznym węgiel kopalny zostaje zamieniony w koks, koks zaś z kolei rzeczy w tlenek węgla. Ostatni wchodzi w reakcję z masą dostarczonego zzewnątrz wodoru, który zużyty zostaje w pewnej części na związanie tlenu, w części zaś łączy się z węglem wytwarzając właściwe ustosunkowanie obu pierwiastków, o którem była mowa poprzednio.

Ponieważ do wytworzenia wodoru trzeba zużyć odpowiednią ilość paliwa lub energji w innej jakiejś postaci (na wyprodukowanie 1 części wagowej wodoru zużyć wypada 8 części wagowych węgla), przeto ze stanowiska zachowania energji główną uwagę zwrócić należy na to, by zachować o ile można masę związanego już z węglem węgla kopalnianego wodoru podczas przetwarzania węgla na węglowodory płynne.

Z tych założeń wychodził autor przy opracowaniu swej metody otrzymywania ropy naftowej z węgla. W 1913 roku w laboratorjum w Hannover'ze wykonane zostały pierwsze próby, w których dążono do nasycenia składników węgla kamiennego niezbędną w celu przetworzenia węgla na ropę ilością wodoru.

Nowa metoda jest wynikiem długotrwałych badań nad chemiczną budową węgla rozpoczętych około 1910 r.; badania te pozwoliły na ustalenie podstawowej reakcji a przy jej pomocy na bliższe wyjaśnienie szeregu chemicznych właściwości węgla kopalnego.

Liczni chemicy uważali dotychczas, że węgiel stanowi jedynie mieszaninę węgla z rozmaitemi przygodnemi substancjami, zawierającemi wodór. Będące wówczas do dyspozycji metody chemji analitycznej nie dawały możności odtworzenia obrazu cząsteczkowej budowy złożonych

substancyj, z jakich węgiel się w istocie składa, Autor przypuszczał tedy, że zachodzi możliwość rzucenia pewnego światła na te zagadnienia przez przeprowadzenie zabiegu laboratoryjnego, naśladującego przyrodę, która w dawnych epokach geologicznych wytworzyła węgiel z resztek roślinnych.

Postawienie badania.

Brak miejsca nie pozwala na bliższy opis tych niezmiernie złożonych badań, jakie w ciągu sześciu lat w związku z opracowaniem szczegółów nowej metody zostały przeprowadzone. Autor powołuje się na sprawozdanie złożone w tej sprawie w 1912 roku na kongresie chemji stosowanej w New-Yorku *(Congress of Applied Chemistry).* Rozpoczęto badania od reakcji, prowadzącej do przetworzenia błonnika i drewna na węgiel. Otrzymany w drodze syntetycznej węgiel odpowiadał w zupełności węglowi kopalnemu. Badając produkt i warunki, w jakich reakcja zachodziła, autor wytworzył sobie pewne hypotetyczne pojęcie o budowie chemicznej podstawowego produktu tej reakcji, t. j węgla. Wzór budowy nie był przez autora nigdzie ogłoszony, gdyż posiadał on jedynie wartość pomocniczą, hypotetyczną i nie mógłby być naukowo i teoretycznie dostatecznie uzasadniony.

Hypoteza ta była jednak bardzo pożyteczna w dalszych pracach, gdyż wprowadzała węgiel do grupy tych substancyj chemicznych, które przy pewnych warunkach zdolne były do reakcji z wodorem.

Najwięcej wątpliwości nastręczało pytanie, czy aby możliwy jest związek wodoru z biernym z natury węglem i czy odpowiednia reakcja da się przeprowadzić w warunkach odpowiednich do przemysłowego jej stosowania? Coprawda już w 1869 roku genjalny chemik francuski *Berthelot* zdołał przy pomocy niewyszukanej ówczesnej aparatury laboratoryjnej połączyć wodór z węglem. Reakcja *Berthelot'a* nie miała jednak widoków na praktyczne jej zastosowanie i różniła się zasadniczo od interesującego nas procesu, polegającego na przemianie węgla kopalnego pod wpływem wodoru na produkty ciekłe.

Nasycanie związków nienasyconych wodorem przy pomocy katalizatorów znane było w pracowniach chemicznych i w przemyśle, szczególniej przy zestalaniu i utwardzaniu tłuszczów i olejów oraz znana była reakcja wodoru z azotem w produkcji syntetycznego amonjaku. Proces katalityczny nie mógł w tym wypadku znaleźć zastosowania wobec surowca tego rodzaju co węgiel i ze względu na bardzo w owym czasie ograniczone wiadomości o własnościach katalizatorów. Ponadto wodór nie wchodził w reakcję z węglem kopalnym w normalnych warunkach i przy takich temperaturach, przy których węgiel nie zostawałby całkowicie rozłożony. Wyjaśniło się jednak, że w pewnych warunkach działanie katalizatora daje się zastąpić działaniem silnie zagęszczonego gazu czynnego i udało się przeprowadzić taką reakcję przy pomocy wodoru, znajdującego się pod bardzo wysokiem ciśnieniem.

Rozwiązanie zagadnienia.

Okoliczność powyższa usprawiedliwiała przewidywania, że prace rozpoczęte doprowadzą do rozwiązania zagadnienia przetwarzania węgla kopalnego na ropę.

Badania wstępne pochłonęły dużo bardzo skomplikowanej pracy. Zadawano sobie jednak stale sprawę z wagi zagadnienia.

W warunkach laboratoryjnych, w jakich pierwsze reakcje przeprowadzone zostały, poważne trudności sprawiała potrzeba operowania znacznemi ilościami gazów. Pierwszy schemat fabrykacji dał w wyniku reakcji nie ropę, lecz jakąś koksowatą masę. Niepowodzenie było, jak się okazało później, skutkiem wytwarzania się przy nasycaniu węgla wodorem znacznych ilości ciepła, które trudno było odprowadzić. Następowało przegrzanie produktu, i temperatura reakcji nadmiernie wzrastała, wobec czego zamiast nanasycania węgla wodorem rozpoczynał się proces dystylacji węgla. Powyższą trudność przezwyciężono, prowadząc reakcję z udziałem pewnego płynu, mianowicie ropy węglowej. Znajdujący się w zawieszeniu w tej ropie węgiel unikał kodliwego wpływu nadmiernej temperatury.

Ustalono również wkrótce, że reakcja przemiany składa się właściwie z dwóch w mniejszym lub większym stopniu współdziałających ze sobą reakcyj, a mianowicie z reakcji wzbogacenia węgla w wodór oraz z rozkładowej (cracking[1]) destylacji węgla. W pewnym zakresie niższych temperatur reakcja pierwsza zachodzi prędzej niż reakcja druga, przy wyższych natomiast temperaturach reakcja ostatnia zostaje przyśpieszona i w takich warunkach produktem końcowym reakcji będzie koks zamiast ropy, pomimo wysokiego ciśnienia czynnego przy reakcji wodoru i pomimo jak najdokładniejszego przenikania masy węgla przez gaz.

Wchłanianie wodoru rozpoczyna się przy stosunkowo niskiej temperaturze. Traktowany w ciągu kilku godzin przy temperaturach od 300° do 350°C węgiel zachowuje stan stały ale wchłania znaczniejsze ilości wodoru i nabiera konsystencji smoły o wysokim punkcie topliwości. Substancja staje się płynna, jeżeli proces prowadzić dalej przy temperaturach ok. 420°C.

Z powyższego łatwo wywnioskować, że proces przemiany węgla na produkt ciekły ze stanowiska chemicznego składa się z dwóch reakcji wchłaniania wodoru i z reakcji rozkładu bardzo skomplikowanych cząsteczek węgla na prostsze, które znowu wchłaniają nowe masy wodoru.

Ostatnia z tych reakcyj wymaga takich samych warunków, jak rozkład smoły na ciężkie

[1]) „Cracking" oznacza rozpad na drobniejsze cegiełki—składniki.

oleje węglowe przy niskiej temperaturze w obecności znajdującego się ciśnieniem wodoru; te warunki były przez autora zbadane na większą skalę. Reakcja omawiana stanowi innemi słowy proces destylacji rozkładowej (cracking process), w którym zachodzi jednocześnie wchłanianie wodoru. Zmieniając w odpowiedni sposób warunki procesu możemy w wyniku dowolnie ustosunkować końcowe produkty lotne oraz frakcje lekkie i ciężkie.

Reakcje ehemiczne.

Proces przemiany węgla kopalnego na produkt ciekły składa się zatem z zespołu złożonych reakcyj chemicznych.

Wodór wchodzi w skład cząsteczek składników węgla we względnie wielkich ilościach. Im wyższą jest temperatura reakcji, tem większa ilość cząsteczek węgla rozpada się na cząsteczki drobniejsze, które wchłaniają wodór i z nienasyconych stają się nasyconemi.

Poczynając od metanu i kończąc na złożonych węglowodorach wyższego rzędu, powstają typowe związku szeregów; alifatycznego, aromatycznego i hydroaromatycznego z wyjątkiem oczywiście węglowodorów nienasyconych, które w obecności silnie sprężonego i znajdującego się w nadmiarze wodoru powstawać nie mogą. Oprócz związków wymienionych już szeregów, napotykamy tu również związki fenolowe a przedewszystkiem krezol, nadto amonjak. Dla zdobycia powyższych rezultatów należało opracować metody pracy odpowiednie dla aparatu pracującego pod wysokiem ciśnieniem, przeprowadzić ścisłą kontrolę ogrzewania i temperatur oraz dokonać szeregu badań analitycznych.

Już po wykonaniu przez autora prawie tysiąca doświadczeń zjawiły się w prasie zawodowej głosy, dowodzące niemożliwości omawianej przemiany. Dowodzono, że proponowana przez autora metoda była zwykłą dystylacją pewnych specjalnych gatunków węgla, przy niskiej temperaturze. Porównanie wyników dwóch analogicznych doświadczeń, z których pierwsze wykonane zostało z wodorem, drugie z azotem, przy zupełnie pozatem jednakowych warunkach udowodniło, że opinja taka jest błędna.

Gatunek węgla.

Głównym tematem badań chemicznych było zagadnienie, dotyczące określenia, jaki gatunek węgla kopalnego dać może najkorzystniejsze wyniki. Zbadano znaczną ilość gatunków węgli kamiennych i brunatnych.

Badania w liczbie tysiącznych doświadczeń objęły wszystkie prawie gatunki węgla, pochodzące z różnych stron świata, prócz węgli antracytowych. Węgle brunatne wykazały zdolność do nieco szybszej reakcji i dały więcej produktów ciekłych od węgli kamiennych długopłomiennych (bituminous), pozostawiając zaledwie do 10% niezmienionej substancji stałej w zależności od stosowanej przy reakcji temperatury. Z 50% zawartego w węglu azotu powstawał przytem amonjak. Reszta azotu przechodziła do masy płynnej. Większa część domieszki siarki tworzyła siarkowodór, czyli związek z którego najłatwiej siarkę wydzielić

Ilość otrzymanej ropy wahała się w granicach od 40 do 70% wagowych przerobionego węgla w zależności od gatunku surowca. Powyższe obliczenia oparte są na % wagowych w stosunku do wagi wprowadzonego do aparatu węgla. Innemi słowy 1 short ton (907 kg.) węgla wydaje 107 do 185 gallons (405 do 700 litrów) ropy. Liczby te oparte są na badaniach węgli w stanie surowym i o normalnej zawartości popiołu.

Niejednokrotnie napotkać można twierdzenie, że do przemiany na ropę nadają się tylko niektóre specjalne gatunki węgla. Wobec tego należy podkreślić, że jedynie węgle antracytowe oraz węgle zawierające większe ilości zwilujących się składników topliwych są nieprzydatne do niej. Wszystkie pozostałe gatunki węgli kamiennych i brunatnych nadają się bez zastrzeżeń. Wydajność ropy wynosi przytem od 40 do 70%, o ile zawartość popiołu nie przewyższa 10%, a wody 5%. Im węgiel zawiera więcej popiołu — tem wydajność ropy będzie mniejszą. *(c. d. n.).*

KRONIKA TECHNICZNA.

1. O ANALIZIE SPALIN W CZOPUCHACH

W warunkach pracy praktycznej, kiedy musimy się szybko orjentować w kotłowni, co do jakości procesu spalania, koniecznem jest mieć prosty sposób do przekonania się, czy wskazania analizatora gazów czopuchowych są prawidłowe i czy gazy te nie zawierają niedopalonych produktów, CO, H i t. d.

Jak wiadomo określenie bezwodnika węglowego CO_2 i O jest proste i daje się szybko uskutecznić — natomiast określanie niedopalonych produktów CO, H i t. d. jest żmudne i zawsze może budzić wątpliwości.

Już dawno odczuwano konieczność odnalezienia sposobu, którýby dawał możność wnioskowania na podstawie wskazań CO_2 i O o obecności niedopałków w gazach czopuchowych.

Obecnie z jednego podręcznika do drugiego przechodzi rozwiązująca to zadanie metoda graficzna *Ostwalda* o której mówiono i na kursach dokształcających dla inżynierów. Niewiem tylko, czy w warunkach kotłowni można będzie korzystać z „grafikonu" Ostwalda i innych.

Wobec tego dobrze będzie przypomnieć prace dyrektora Magdeburskiego Stowarzyszenia Dozoru Kotłów, zgasłego inżyniera *Cario* i pracującego dotąd praktycznie na polu technicznem zasłużonego inżyniera *A. Dosch'a*

Dyrektor *Cario* w roku 1896 w Bonn na zjeździe międzynarodowym Stowarzyszeń Dozoru Kotłów ogłosił tablicę składu spalin czopuchowych, wychodząc już wtedy z założenia, że przy pełnem spalaniu suma $CO_2 + O$ w procentach nie jest równą 20, przyczem brakujący składnik należy odnosić na rachunek niedopałków.

Poniższa tablica dyrektora *Cario* podaje przy pełnem spalaniu następujący stosunek części składowych spalin czopuchowych:

jeżeli CO_2 = 3	to O = 17,8	i N = 79,2
4	16,6	79,4
5	15,5	79,6
6	14,2	79,8
7	13,0	80,0
8	11,9	80,1
9	10,8	80,2
10	9,7	80,3
11	8,6	80,4
12	7,5	80,5
13	6,4	80,6
14	5,3	80,7
15	4,2	80,8
16	3,0	81,0
17	1,8	81,2
18	0,6	81,4
18,5	0	81,5

Cyfry powyższe *Cario* zestawił na podstawie praktycznych doświadczeń i proponował jako średnie, z pewnemi zastrzeżeniami.

W 1907 roku *A. Dosch* na podstawie obliczeń ścisłych i szeregu zestawień dla rozmaitych gatunków koksu, węgla kamiennego i brunatnego wykazał, że wielkość sumy $CO_2 + O$ jest w pierwszym rzędzie zależną od nadmiaru powietrza, przyczem naprzykład dla węgla kamiennego o wartości opałowej od 7520 do 6660 jednostek ciepła zmienia się ona od 18,8 do 20,4 odpowiednio przy $\varphi = 1$ do $\varphi = 3$.

Na specjalną uwagę zasługuje prawie zupełna niezależność od gatunku węgla zawartości O przy jednakowym nadmiarze powietrza.

Wogóle zaś stwierdzono, że przy pełnem spalaniu dla danego gatunku paliwa pewnemu CO_2 odpowiada zupełnie określona ilość O i na odwrót.

Również suma $CO_2 + O$ nie może przekraczać pewnej określonej wartości. A zatem na podstawie analizy gazów czopuchowych mając wartość CO_2 i O można orzec czy spalanie jest kompletne czy też nie.

W poniższej tablicy, nie wymagającej w zastosowaniu uprzedniej znajomości chemicznego składu paliwa i uwzględniającej 3 gatunki paliwa na jakie można podzielić spotykane w praktyce gatunki, zestawił inżynier *A. Dosch* wyniki swych badań:

	Antracyt i węgiel chudy			Węgiel kamienny			Węgiel brunatny		
CO_2	φ	O	CO_2+O	φ	O	CO_2+O	φ	O	CO_2+O
6	—	14,7	20,7	3,08	14,4	20,4	3,0	14,0	20,0
7	2,8	13,6	20,6	2,7	13,3	20,3	2,5	12,9	19,9
8	2,5	12,5	20,5	2,3	12,2	20,2	2,25	11,8	19,8
9	2,2	11,4	20,4	2,1	11,0	20,0	2,0	10.6	19,6
10	1,95	10,3	20,3	1,9	9,9	19,9	1,8	9,5	19,5
11	1,75	9,2	20,2	1,7	8,7	19,7	1,65	8,4	19,4
12	1,6	8,1	20,1	1,55	7,6	19,6	1,5	7,4	19,3
13	1,5	7,1	20,1	1,45	6,5	19,5	1,4	6,2	19,2
14	1,4	6,0	20,0	1,35	5,4	19,4	1,3	5,0	19,0
15	1,3	4,9	19,9	1,25	4,3	19,3	1,2	3,8	18,8
16	1,2	3,8	19,8	1,2	3,2	19,2	1,14	2,7	18,7
17	1,15	2,7	19,7	1,1	2,1	19,2	1,05	1,5	18,5
18	1,10	1,6	19,6	1.05	0,9	18,9	1,0	0,2	18,2
19	1,05	0,5	19,5	—	—	—	—	—	—

Przykład 1:

Przy spalaniu węgla kamiennego okazało się, dajmy na to, że zawartość w spalinach CO_2 wynosi 11,5%.

Jak wysoka powinna być zawartość O, jeżeli spalanie jest kompletne?

Zgodnie z tablicą suma $CO_2 + O$ leży pomiędzy 19,6 i 19,7, a zatem zawartość O będzie się znajdować pomiędzy 19,6—11,5 do 19,7—11,5, co stanowi 8,1 do 8,2%.

Przykład 2:

Analiza spalin w czopuchu danego kotła wykazała, że $CO_2 + 15\%$ i $O = 2\%$. Suma $CO_2 + O$ wynosi 17%, według tablicy zaś musi stanowić najmniej 19,3%. Różnica 19,3 — 17 = 2,3%, całkowicie musi być zatem odniesiona na gazy niespalone,

W ten prosty sposób zawsze można określić zawartość gazów niespalonych w czopuchu, o ile rozumie się chodzi o wielkości praktycznie mające znaczenie ze względu na dodatkowo wyrządzane straty.

Najważniejszą rzeczą w tych wypadkach jest sama świadomość' że spalanie nie jest pełne.

Nie należy się oczywista ubiegać o określanie śladów gazów nieopalonych.

Dyrektor *Cario* w jednym z ogłoszonych następnie artykułów polecił korzystanie z tablicy *A. Dosch'a* kwalifikując ogłoszoną przez siebie tablicę jako zapoczątkowanie, nadające się dla węgla kamiennego i brunatnego, zaś — co do wielkości strat jakie powodują gazy niedopalone, zaproponował, aby szacować je w wysokości 5% wartości ogólnej paliwa na każdy 1% niedopałków. A zatem, w powyższym przykładzie 2, do normalnych strat kominowych, obliczonych chociażby według wzoru *Siegert'a* dojdzie jeszcze dość poważna strata w wysokości 2,3 × 5 = 11,5%.

Inżynier *A. Dosch* powyższą praktyczną cyfrę uzasadnił następnie drogą rachunkową i na niej się zatrzymał, stosując ją w późniejszych swoich cennych pracach.

Każdemu, ktoby chciał w powyższą sprawę bliżej wejrzeć, należy polecić jeszcze: Zeitschrift für Dampfkessel und Maschinenbetrieb № 39 i № 43, rok 1907, a także № 1, 2 i 3 rok 1908, gdzie znajdzie artykuły *Cario*, *Dosch'a Burra* i Bibliothek der gesammten Techn., 124 Band, von *A. Dosch*, rok 1909, str. 150—153. *B. G.*

2. WYNIKI DOTYCHCZASOWE I PRZEWIDYWANE W SIŁOWNI EDGAR STATION W BOSTONIE.

Edgar Station centrala — okręgowa Towarzystwa *Edison Electric Illuminating Co*, w Bostonie, Mass. znana poprzednio pod nazwą *Weymouth Station* zużywa obecnie 0.45 kg węgla na kWh. Przeciętne zużycie 'miesięczne na kWh w jednostkach cieplnych wynosi 3.700 j. c. Instalacja wykończona jest dopiero częściowo. Większą część obciążenia elektrowni pokrywa obecnie zespół turbogeneratorów, o mocy 30.000 kW, pracujących pod t. zw. normalnem ciśnieniem i zainstalowanych na *L Street Station* w południowej dzielnicy Bostonu. Zespół kotłów i turbin na ciśnienie 83 at. znajduje się w okresie próbnego ruchu. Najwyższe ciśnienia nie były jeszcze stosowane w turbinach.

T. zw. „normalne“ ciśnienie pary wynosi 24 at. Z wyników dotychczasowych doświadczeń wynika, że zespół wysokiej prężności w normalnej pracy wytwarzać będzie 1 kWh kosztem 0.43 kg. węgla wysokiej wartości opałowej. Zespół wysokoprężny nie jest jeszcze wykończony

Kierownictwo elektrowni przypuszcza, że po całkowitem zrealizowaniu zamierzeń zużycie węgla na 1 kWh nie przewyższy 0.40 kg węgla.

3. MOC SILNIKÓW I LICZBA ROBOTNIKÓW PRZEMYSŁOWYCH W STANACH ZJEDN. AMERYKI PÓŁN.

Rodzaj silników		Rok 1914	1919	1923
Energja wytwarzana w zakładach przemysłowych				
Maszyny i turbiny parowe	KM	15591593	17037973	16695493
Motory spalinowe	KM	991905	1259400	1230302
Koła i turbiny wodne	KM	1826443	1765263	1802805
Energja nabywana z zewnątrz				
Silniki elektryczne	KM	3897248	9347556	1336556
Inne silniki	KM	129883	94600	—
Razem				
Zużycie energji	KM	22437072	29504792	33094228
Ilość robotników	KM	7036247	9096372	8778950
Na jednego robotnika	KM	3,19	3,24	3,77

(*Power, 1926*)

4. PRODUKCJA ENERGJI ELEKTRYCZNEJ W NIEKTÓRYCH KRAJACH (w kWh).

Kraj	Rok 1913	1914	1924	1925
Szwecja	1.449.000.000		3.481.000.000	
Włochy		2.400.000.000		7.600.000.000

(*Power, 1926*)

5. POLSKI KOMITET ENERGETYCZNY.

Na podstawie art. 18 dekretu Rady Regencyjnej z dnia 3 stycznia 1918 r. (Dz. Pr. Nr. 1, poz. 1), zarządza się co następuje:

§ 1. Przy Ministerstwie Robót Publicznych tworzy się Polski Komitet Energetyczny.

§ 2. Do zadań Komitetu należy:

1) udział w pracach Światowej Konferencji Energetycznej i jej Międzynarodowej Rady Wykonawczej, ewentualnie innych komitetów pochodnych, jako też dążenie do przeprowadzenia na obszarze Polski uchwał tych organizacyj;

2) wydawanie opinji w sprawach, związanych z wytwarzaniem, przesyłaniem i zastosowaniem energji pod wszelką jej postacią, tak z własnej inicjatywy, jak i na żądanie zainteresowanych Ministerstw, przedsiębiorstw państwowych, oraz organów samorządowych;

3) współdziałanie:

a) w popieraniu działalności, zmierzającej do racjonalizacji gospodarki energetycznej;

b) w popieraniu i gromadzeniu prac i wydawnictw naukowych w zakresie gospodarki energetycznej, oraz międzynarodowej wymianie takich wydawnictw,

c) w zbieraniu danych w celu ustalania bilansu energetycznego Państwa;

d) w rozpowszechnianiu wiadomości o zasadach racjonalnej gospodarki energetycznej i drogach do jej osiągnięcia.

Komitetowi Energetycznemu mogą też być przekazywane do rozpoznania inne sprawy, mające związek z zadaniami wyżej wyszczególnionemi, o ile zainteresowane Ministerstwa uznają za pożądane skorzystać z opinji Komitetu.

§ 3. Zainteresowane Ministerstwa, oraz przedsiębiorstwa państwowe i samorządowe popierają prace Polskiego Komitetu Energetycznego przez udzielanie mu w miarę możności materjałów, wchodzących w zakres gospodarki energetycznej, a to w celu umożliwienia mu ujęcia całokształtu tej gospodarki w kraju.

§ 4. W skład Polskiego Komitetu Energetycznego wchodzą:

1) przewodniczący oraz jego zastępca, powołani przez Ministra Robót Publicznych z pośród działaczy na polu technicznem lub przemysłowem;

2) 12 przedstawicieli rządu, delegowanych przez Ministrów, a mianowicie: 4 przedstawicieli Ministerstwa Robót Publicznych — z zakresów: hydrografji, dróg wodnych i wod niespławnych, elektryfikacji, oraz dróg lądowych; 3 przedstawicieli Ministerstwa Przemysłu i Handlu — z zakresów: węglowego, naftowego i przemysłu przetwórczego; 2 przedstawicieli Ministerstwa Kolei, oraz po jednym przedstawicielu Ministerstwa Spraw Wewnętrznych, Ministerstwa Rolnictwa i Dóbr Państwowych i Ministerstwa Spraw Wojskowych;

3) 12 przedstawicieli producentów i odbiorców energji, organizacyj zawodowych i instytucyj naukowych, jak np. wyższe szkoły techniczne, Państwowy Instytut Geologiczny, jak również związków samorządowych, których to przedstawicieli delegować będą instytucje i ozganizacje, wskazane przez Ministra Robót Publicznych.

Nadto w posiedzeniach Polskiego Komitetu Energetycznego mogą—w razie potrzeby — brać udział z głosem doradczym osoby, zaproszone przez Ministra Robót Publicznych lub przewodniczącego Komitetu.

§ 5. Posiedzenia Komitetu zwołuje przewodniczący z własnej inicjatywy lub na wniosek jednego z Ministerstw, albo też na żądanie, zgłoszone do Ministerstwa Robót Publicznych przynajmniej przez $^1/_3$ członków Komitetu. Komitet może powziąć ważne uchwały, jeżeli w posiedzeniu bierze udział conajmniej połowa członków. Uchwały Komitetu zapadają zwykłą większością głosów; w razie równości głosów, rozstrzyga głos przewodniczącego. W protokule umieszcza się opinje, zarówno większości, jak i mniejszości Komitetu.

Dla spraw specjalnych może Komitet wyłaniać z pośród siebie Komisje pod przewodnictwem członków Komitetu, z prawem kooptacji współpracowników z poza jego grona. Komisje przedstawiają swoje wnioski Polskiemu Komitetowi Energetycznemu do zatwierdzenia.

Protokuły posiedzeń, oraz czynności biurowe, związane z pracami Komitetu, prowadzi Ministerstwo Robót Publicznych przez swych funkcjonarjuszów.

§ 6. Wykonanie niniejszego rozporządzenia powierza się Ministrowi Robót Publicznych.

§ 7. Bliższe postanowienia o sposobie urzędowania Polskiego Komitetu Energetycznego określi regulamin, uchwalony przez Komitet. Regulamin wymaga zatwierdzenia przez Ministra Robót Publicznych.

§ 8. Rozporządzenie niniejsze wchodzi w życie z dniem ogłoszenia.

Prezes Rady Ministrów (—) ***K. Bartel.***
Minister Robót Publicznych (—) ***W. Broniewski.***

KOMUNIKATY STOW. DOZ. KOTŁÓW W WARSZAWIE.

1. W SPRAWIE CERTYFIKATÓW DLA KOTŁÓW PAROWYCH.

Wobec często powtarzających się zapytań, zawiadamia podpisane Stowarzyszenie, że certyfikaty dla kotłów parowych, wydane na podstawie ustawy austryjackiej przed dniem 8 listopada 1921, zachowując swą moc prawną, mają być, w myśl obecnie odowiązujących przepisów, zamienione na księgę rewizji kotła. Koszt zamiany wynosi zł. 5.—

Wszelkie certyfikaty dla kotłów parowych, wystawione po dniu 8 listopada 1921 r. nie mają mocy prawnej, zatem dla kotłów posiadających tego rodzaju certyfikaty, jak i dla tych kotłów, które nie mają żadnych dokumentów, należy wnieść do terytorjalnego Województwa podanie o pozwolenie na ustawienie kotła, dołączając w trzech egzemplarzach: rysunek kotła (ewentualnie z obmurowaniem) w skali 1 : 20, opis kotła, plan kotłowni w skali 1 : 100 i plan sytuacyjny w skali 1 : 1000.

Rysunki i opisy kotła winna wykonać i stwierdzić podpisem fabryka wytwórcza, a tylko w tych wypadkach, gdzie uzyskanie rysunków fabrycznych jest niemożliwe, można je sporządzić na podstawie pomiarów zdjętych z natury.

Na wyraźne żądanie Członków, Biura Okręgowe Stowarzyszenia, których adresy podajemy poniżej, podejmują się wykonania rysunków, pobierając następujące opłaty;

za sporządzenie 3 rysunków kotła lokomobilowego i 3 opisów . . . . zł. 60.—
za sporządzenie 3 rysunków kotła gorzelanego z obmurowaniem i 3 opisów „ 100.—
za wykonanie 3 planów kotłowni i rysunków sytuacyjnych . . . . . . zł. 60.—

w czem jest objęta należytość za podklejenie jednego rysunku płótnem i opłaty stemplowe.

Sporządzone przez Biuro Okręgowe rysunki i opisy kotła, właściciel przedstawia do Wydziału Przemysłowego właściwego Województwa w celu wyrobienia koncesji, po otrzymaniu której Stowarzyszenie Dozoru Kotłów dokonywa odbioru technicznego kotła i wydaje właścicielowi książkę kotłową wraz z wszytym kompletem rysunków i opisów.

Oile zdjęcie pomiarów z natury nie może być połączone z wyjazdem dla celów rewizji kotła i wymaga specjalnego przyjazdu, do powyższej opłaty dolicza się rzeczywiste koszty podróży i djety.

Adresy Biur Okręgowych:
w Warszawie, ul. Nowy-Swiat № 34.
w Dąbrowie Górniczej, ul. Sienkiewicza № 7,
w Krakowie, ul. Karmelicka № 45,
we Lwowie, ul. 29 Listopada № 14,
w Łodzi, ul. Piotrkowska № 199.

Stowarzyszenie Dozoru Kotłów w Warszawie.

2. ZMIANA ADRESU BIURA REJONOWEGO W KIELCACH.

Biuro Rejonowe Stowarzyszenia w Kielcach, które posiadało dotychczas skrzynkę pocztową Nr 90-A, zmieniło ją obecnie na *skrzynkę pocztową Nr 158*.

KURSY DLA PALACZÓW KOTŁOWYCH.

1. KURSY W LUBLINIE OD 4 DO 16 PAŹDZ. 1926 R.

Stowarzyszenie dozoru Kotłów w Warszawie zorganizowało w październiku r. ub. dwutygodniowe wykłady dla palaczów w Lublinie, na które zgłosiło się 33 słuchaczów. Wykłady rozpoczęte w dn. 4.X r. ub., odbywały się codziennie od 5-ej do 7-ej wieczorem w Państwowej Szkole Rzemieślniczej w Lublinie do dn. 16.X włącznie, poczem w dn. 17.X r. ub. przystąpiono do egzaminów, które odbyły się w kotłowni młyna parowego „Piaski" w Lublinie.

Wykłady ilustrowane przezroczami uzupełn ono zajęciami praktycznemi i zapoznaniem słuchaczów z różnemi ustrojami kotłów w kotłowniach cukrowni Lublin, Gazowni Miejskiej i młyna parowego „Piaski" w Lublinie.

Do egzaminów stawili się wszyscy słuchacze: jednego zakwalifikowano do powtórnego egzaminu, pozostali zdali egzaminy.

Z wynikiem bardzo dobrym:

1) Jednas Józef, 2) Polski Józef, 3) Podraszka Antoni, 4) Wcześniak Franciszek.

Z wynikiem dobrym:

1) Boguszewski Stanisław, 2) Czerwiński Wincenty, 3) Czubak Antoni, 4) Grzeszczak Benjamin, 5) Łazarz Paweł, 6) Mankiewicz Kasimierz, 7) Pazdzior Antoni, 8) Plak Józef, 9) Skowronek Władysław, 10) Woch Aleksander, 11) Wysocki Władysław, 12) Błaksy Michał, 13) Froncki Stanisław.

Z wynikiem dostatecznym:

1) Błaszczyk Mateusz, 2) Bryzek Władysław, 3) Cichacz Władysław, 4) Gieroba Stanisław, 5) Kozłowski Baltazar, 6) Krawiec Franciszek, 7) Kuchta Franciszek, 8) Kula Józef, 9) Łucka Szczepan, 10) Łuszczyński Konstanty, 11) Pietras Józef, 12) Sztora Antoni, 13) Zieliński Władysław, 14) Paprota Antoni, 15) Mendrzyk Władysław.

Zapraszamy do współpracy

Niejednokrotnie odbieramy listy od naszych czytelników interesujących się pewnemi artykułami lub urządzeniami o których w ogłoszeniach Techniki Cieplnej nie znajdują wzmianki.

Aby dział ogłoszeniowy naszego pisma uczynić możliwie pożytecznym staramy się zamieszczać takie jedynie ogłoszenia, których treść interesować naszych czytelników powinna.

Rozwój jednak techniki zachodzi w naszych czasach z taką zawrotną szybkością, że nieraz trudno sprostać wszelkim wymaganiom.

Wobec tego prosimy naszych czytelników o współpracę, która polegać może na komunikowaniu nam tematów i urządzeń jakie ich w danej chwili interesują. Z naszej strony postaramy się by odpowiednie ogłoszenia ukazywały się w naszem piśmie.

Za współpracę dziękujemy z góry.